

HIDROGENO NEUTRO ASOCIADO CON REMANENTES DE SUPERNOVAS AUSTRALES LUPUS LOOP Y SN 1006 A.D.

F.R. COLOMB y G.M. DUBNER

Instituto Argentino de Radioastronomía

ABSTRACT: Evidences of the existence of a near complete circular shell around the SNR Lupus Loop are presented. The expansion velocity, radius, age and initial energy of the explosion are derived. No appreciable effects on the interstellar medium are detected associated with SN 1006 A.D.

KEY WORDS: Neutral Hydrogen - Supernova remnants - Interstellar medium

INTRODUCCION

Los modelos teóricos que explican la evolución hidrodinámica de ondas de choque en el medio interestelar, predicen la formación de una cáscara de HI alrededor de los remanentes de supernovas. En estudios previos se ha demostrado su existencia (e.g. Assousa et al (1973,1974), Colomb, Dubner (1979), etc.), si bien en otros casos (De Noyer (1975,1977)), se encontraron concentraciones de HI asociadas a los remanentes, pero sin mostrar estructura de cáscara.

Como parte de un estudio sistemático de varios remanentes de supernovas del hemisferio sur, se presentan los resultados de un relevamiento realizado en la dirección de Lupus, donde se encuentran los objetos Lupus Loop y la supernova del 1006 A.D. Estos remanentes fueron estudiados por Milne (1971) en 408, 160, 635, 1410 y 1614 MHz.

La Tabla I resume las principales características de dichas fuentes.

Nombre	Coordenadas (1950.0)	Diámetro angular (')	Densidad de flujo a 1GHz (Jy)	Distancia (Kpc)	Altura sobre el plano (pc)
Lupus Loop	15 ^h 09 ^m , -40°	368	340.0	0.5	122
SN 1006 A.D.	14 ^h 59 ^m , -41°4	34	21.0	1.3	336

TABLA I

OBSERVACIONES

Las observaciones se realizaron con la antena de 30m del Instituto Argentino de Radioastronomía. La temperatura de ruido del sistema era de 250K.

El relevamiento se realizó en dos etapas, la primera parte por Colomb y Goniadzky durante 1973, siendo luego repetido y extendido en 1977-1978 por los presentes autores.

Las observaciones fueron realizadas según una grilla de 1°x1° con ascensión recta variando entre 14^h25^m y 15^h55^m y declinación entre -34° y -45° con una resolución en velocidades de 2Km/s. Todos los puntos fueron repetidos por lo menos dos veces y promediados.

RESULTADOS

1) SN 1006 A.D.: Con respecto a este remanente, con menos de 1000 años de evolución, es probable que aún no sean detectables sus efectos en un estudio de gas neutro.

A esta altura aún se encuentra en plena etapa adiabática, probablemente la mayor parte del gas esté aún ionizado. Aplicando la solución de Sedov (1959), puede estimarse un límite inferior de masa barrida por un frente de choque en 1000 años de evolución; asumiendo una distribución exponencial de densidad del medio interestelar, $n = n_0 \exp(-|z|/z_0)$, con $n_0 = 0.5 \text{ cm}^{-3}$ y $z_0 = 120 \text{ pc}$, y una energía inicial aproximada de 10^{50} erg , resulta:

$$M = \frac{4}{3} \pi \{ 1.17 (E_0 / n)^{1/5} t^{2/3} \}^3 n \approx 1 M_{\odot}$$

Donde E_0 = energía inicial

n = densidad ambiente

t = tiempo de evolución

Esto significa tener una densidad de columna N_H de aproximadamente $8,3 \times 10^{17} \text{ át./cm}^2$, en tanto que el límite inferior detectable en nuestras mediciones es de aproximadamente $3,6 \times 10^{18} \text{ át./cm}^2$.

2) LUPUS LOOP: la fig. 1 muestra los contornos de hidrógeno neutro integrado entre -40 y + 40 km/s, en unidades de 10^{20} át./cm^2 ; en ella se han superpuesto las superficies (rayadas) de emisión en continuo de radio obtenidas por Milne (1971) en 1410 MHz.

Se observa la presencia de una cáscara envolvente prácticamente cerrada, delimitada por la isolínea de 8,6 rodeando un gran "agujero" en la emisión en 21 cm. Debe señalarse que allí donde no se completa el anillo, en la dirección NO, es la dirección contraria al plano galáctico.

Chevalier y Gardner (1974) computaron modelos numéricos de remanentes de explosiones intensas evolucionando en una atmósfera exponencial. Encuentran que la onda de choque de una supernova ubicada a por lo menos una escala de altura sobre el plano galáctico - tal como es el caso de Lupus Loop - provoca el escape de gas de la Galaxia, lo cual podría ser responsable del halo galáctico caliente.

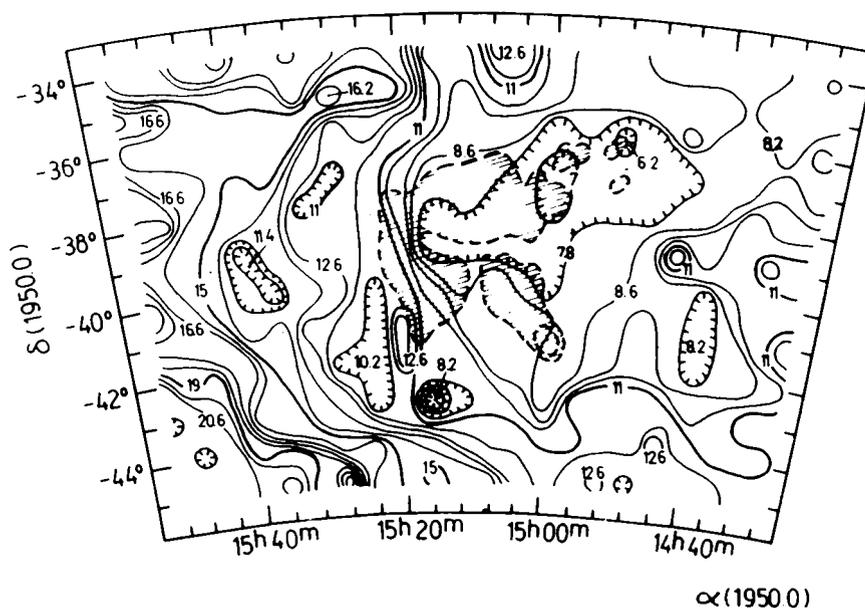


FIGURA 1

Otro aspecto notable es la similitud entre las formas de las isolfneas en el continuo y en 21 cm alrededor de $15^{\text{h}}20^{\text{m}}$, confirmando la asociación del gas observado con la supernova. El radio de la cáscara envolvente puede estimarse en 44 pc aproximadamente.

Se trazaron isofotas de la región, integrada cada 4 km/s, eso permitió estudiar la extensión en velocidades de la cáscara de HI asociadas al remanente. De allí se derivó una velocidad de expansión de aproximadamente 14 km/s.

Con este dato y el radio estimado a partir de las observaciones, usando las fórmulas de Chevalier-1974- puede calcularse la edad del remanente en aproximadamente $9,5 \times 10^5$ años. Esta edad resulta considerablemente mayor que la obtenida por Winkler et al (1979) a partir de observaciones en rayos X ($t = 2,1 (+1,-0,5) \times 10^4$ años); sin embargo los cálculos teóricos de evolución de un remanente de supernova, predicen que ésta necesita por lo menos $4,55 \times 10^4$ años para que la formación de la cáscara esté esencialmente completa.

La energía inicial calculada resulta de 4×10^{49} erg. En este caso sí se encuentra buen acuerdo con los resultados de rayos X.

CONCLUSIONES

Los resultados de este relevamiento permiten afirmar que -tal como predicen los modelos teóricos- efectivamente existe la cáscara de hidrógeno neutro rodeando el remanente de la explosión de Lupus Loop, Esta se expande a una velocidad de 14 km/s, cubriendo un círculo casi completo de $R = 44$ pc, con un tiempo de evolución $t = 9,5 \times 10^5$ años.

Con respecto a la SN 1006 A.D., se concluye que no ha llegado aún a una etapa de evolución en la que la cantidad de HI acumulado sea suficiente como para ser detectada dentro de nuestros límites observacionales.

REFERENCIAS

- Assousa, G.E., Erkes, J.W., Astron. J. 78, 9, 885.
Assousa, G.E., Balick, B., Erkes, J.W. 1973, Bull. Amer. Astron. Soc. 5, 410
Colomb, F.R., Dubner, G.M. 1979, Astron. Astrophys., en prensa.
Chevalier, R.A. 1974, Astrophys. J., 188, 501.
Chevalier, R.A., Gardner, J. 1974, Astrophys. J. 192, 457.
De Noyer, L.K. 1975, Astrophys. J. 196, 479.
De Noyer, L.K. 1977, Astrophys. J. 212, 416.
Milne, D.K. 1971, Aust. J. Phys., 24, 757.
Sedov, L.I. 1959, "Similarity and dimensional methods in Mechanics" Academic Press, New York.
Winkler, P.F. 1979, Astrophys. J. (Letters), 229, L 123.
Woltjer, L. 1972, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 10, 129.